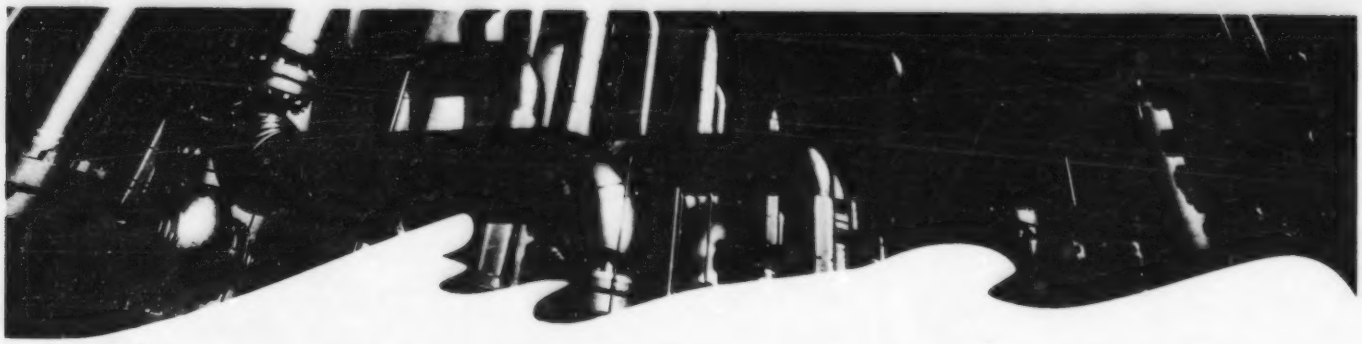
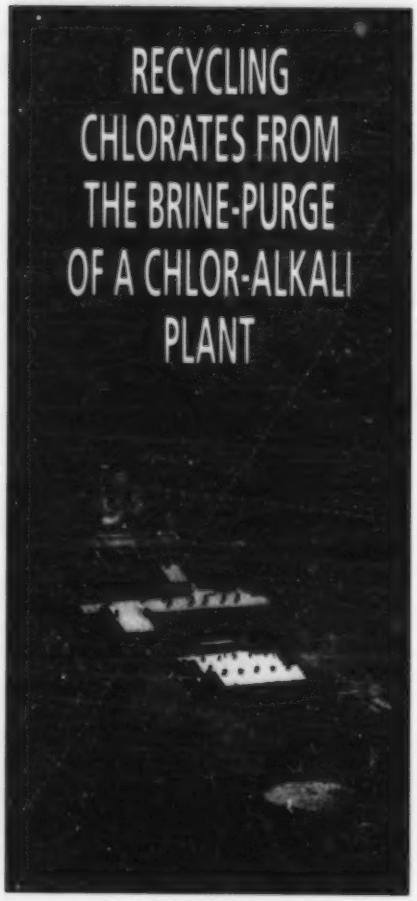


St. Lawrence TECHNOLOGIES

INDUSTRIAL WASTEWATER

RECYCLING CHLORATES FROM THE BRINE-PURGE OF A CHLOR-ALKALI PLANT



ABSTRACT

On its Beauharnois site, PPG Canada Inc. operates a chlor-alkali plant using membrane-cell technology. When chlorine and caustic soda are being produced, parasitic reactions lead to the formation of sodium chlorate and other impurities, which are purged and discharged into the sewers. A first project, ended in March 1994, allowed evaluation of the design of a chlorate-destruction procedure, and the design of preliminary installations.

Because of the excessive costs of the destruction procedure (about $1 million), PPG decided to re-evaluate all of its program of corrective measures. The technology the company chose allows almost complete recovery of salt in the purge; its volume is reduced by more than 90%. This option allowed important environmental improvements to be realized – the recuperation of more than 95% of the salt and more than 98% of the chlorate. The technology described here involves a crystallization of Glauber's salt, which allows raw material savings on the order of $440,000 per year.

MAIN FEATURES

- **Technology**
  - Crystallization of Glauber's salt process
  - Permits recycling of the brine circuit at the PPG Canada plant to the sodium chlorate plant
  - Permits closing the brine circuit of the process used at the chlor-alkali production plant
- **Environment**
  - Eliminates discharging the brine purge of the chlor-alkali plant to the environment
  - Applicable to chlor-alkali plants around the world that use the same process
  - Recycles purged elements as raw materials for the manufacture of sodium chlorate
- **Cost**
  - Total investments of $2.3 million
  - Raw material savings of the order of $440,000 per year

Saint-Laurent Vision 2000

Environment Canada Protection Québec Region

Environnement Canada Protection Région du Québec

PPG

CXY PRODUITS CHIMIQUES CXY BEAUHARNOIS

Federal Office of Regional Development (Québec)

Bureau fédéral de Développement régional (Québec)

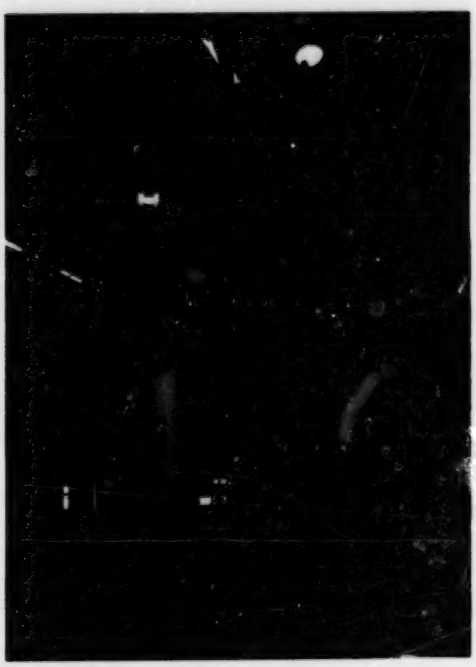
BACKGROUND

At its Beauharnois site PPG Canada Inc. operates a membrane-cell chlor-alkali plant supplied with brine from a sodium-chlorate-manufacturing plant which, since January 1996, has been owned by CXY Chemicals.

The processes used in both plants are based on the electrolysis of a sodium-chloride brine. This brine is produced, first, for the chlor-alkali plant, where crude salt is added at the repeat-point of the brine cycle so as to boost its concentration. This brine is chemically treated, cleared of most of its impurities, and supplied to the electrolyzers at a concentration of 300 g/L and exits at 200 g/L.

Some (3,900 kg/h) of this very pure, weak brine is shipped as raw material to the sodium chlorate plant. By using this already treated brine, the chlorate plant can avoid having to run a costly treatment system. This dilute brine is concentrated by a double-effect evaporation system. Then, so as to get rid of sodium sulfate still present, a volume of brine which corresponds to 22.7 tonne/d of salt had to be discharged to the sewers.

PPG Canada Inc. has signed a program of corrective measures with the Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec (MEF) to treat its discharges. The program provides for the recovery of NaCl and of sodium chlorate. The process chosen after the techno-economic study allows a reduction in the quantity of salt discharged to the environment by diverting the purge, hitherto evacuated to the sewers, to a Glauber's-salt-crystallization system. This avoids the discharge of chlorate to the environment during normal operations.



TECHNOLOGY

The principle of the Glauber's salt-($Na_2SO_4.10H_2O$) crystallization process consists of recovering brine which was formerly discharged to the sewers, and cooling it to temperatures sufficiently low to make sodium sulfate crystallize out in the form of Glauber's salt. The solubility of Glauber's salt in water is considerably less than that of sodium chloride (NaCl). In effect, it drops to less than 1% at 0°C, compared to about 22% for NaCl.

The crystallization process was developed by Whiting Equipment Inc., and is integrated into the existing brine-evaporation system at the sodium-chlorate plant.

The hot solution (66°C) from the evaporators' filtrate tank has to be cooled as much as possible before passing into the crystallizer. This solution is cooled to around 12°C in a plate heat exchanger by the solution from the salt-filtrate tank, which is then returned to the evaporation process. The cooled solution is then sent to the crystallizer and held at 0°C by being circulated in a single-pass tube-type heat-exchanger. About 860,000 kJ/h are withdrawn from the crystallizer to precipitate out about 436 kg/h of Glauber's salt.

The crystallizer works at about 25-35% p/p of solids. Solids are separated from liquids by a centrifuge. The solids go to a purge reservoir through a chute, and liquid is collected in the salt-filtrate tank. A conduit at the top of the crystallizer

RESULTS

allows liquid that is free of solid matter to pass directly to the salt-filtrate tank. This cold solution should be heated as much as possible before being returned to the evaporation circuit. As well as sodium chlorate, it contains about 13 g/L of sodium sulfate (Glauber's salt), an impurity which must be eliminated from the brine used at the chlorate plant. For now, no commercial outlet could be found for this sodium sulfate, and it is discharged to the sewers.

Performances

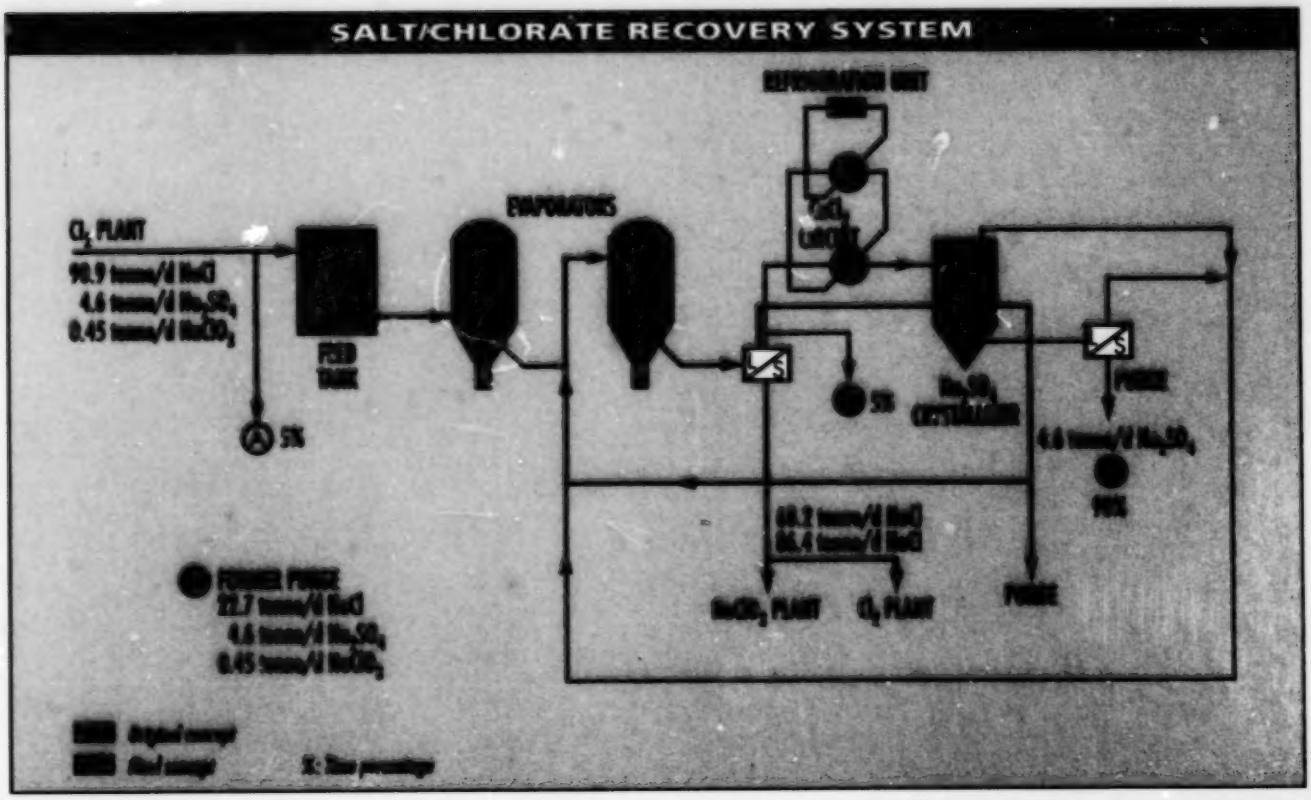
In normal operation, the crystallization system allows recovery of 22.7 tonne/d of salt, comprised of 1,040 kg/h of NaCl, 436 kg/h of Glauber's salt, and 20 kg/h of chlorate ($NaClO_3$). Continuous operation of the evaporation and crystallization equipment requires periodic interruptions for internal cleaning and for normal system maintenance.

Stopping the evaporators involves, 5% of the time, a purge at point A in the schematic shown below. It also involves a purge at point B 5% of the time. The purge at point C corresponds to normal operation, and only requires a purge of Glauber's salt of 4.6 tonne/d. This Glauber's salt could be reused if a market for it develops.

The start-up and break-in period for the crystallization equipment was spread out over some 4 months. The main problems solved during this period concerned variations in the temperature of the crystallizer, and in its flow-input rates. These variations contribute to driving crystals of Glauber's salt into the circuit that leads back to the evaporaters.

Cost of the Technology

For an initial capital investment of the order of $2.3 million, annual operating costs are around $100,000. However, the salt (NaCl) and sodium chlorate recovered by this technology represent annual savings of more than $440,000 in the purchase of raw materials.



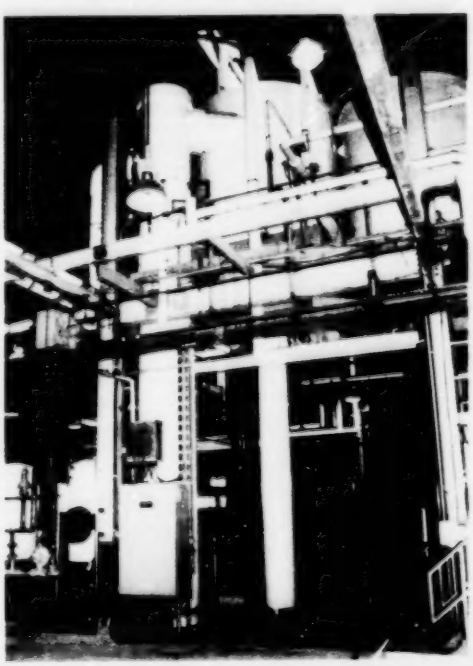
PROJECT OBJECTIVES

The initial objective of the project was to eliminate chlorate from the brine purge of the plant. On the other hand, a techno-economic study carried out at the beginning of the project showed that, because of the high installation and running costs, recuperation from this brine purge would be a much more interesting route. In effect, this would allow reuse of salt and chlorate, and thus realizes savings in raw materials for the plant. The new project focussed on two main phases.

1. The design of a salt-recovery system that would lead to an optimal reduction in the volume of the brine-purge discharged into the sewers.

2. The optimization of the system for recovering salt and chlorates from the purge.

BACKGROUND



TECHNOLOGY

RESULTS

allows liquid that is free of solid matter to pass directly to the salt-filtrate tank. This cold solution should be heated as much as possible before being returned to the evaporation circuit. As well as sodium chlorate, it contains about 13 g/L of sodium sulfate (Glauber's salt), an impurity which must be eliminated from the brine used at the chlorate plant. For now, no commercial outlet could be found for this sodium sulfate, and it is discharged to the sewers.

Performances

In normal operation, the crystallization system allows recovery of 22.7 tonne/d of salt, comprised of 1,040 kg/h of NaCl, 436 kg/h of Glauber's salt, and 20 kg/h of chlorate ($NaClO_3$). Continuous operation of the evaporation and crystallization equipment requires periodic interruptions for internal cleaning and for normal system maintenance.

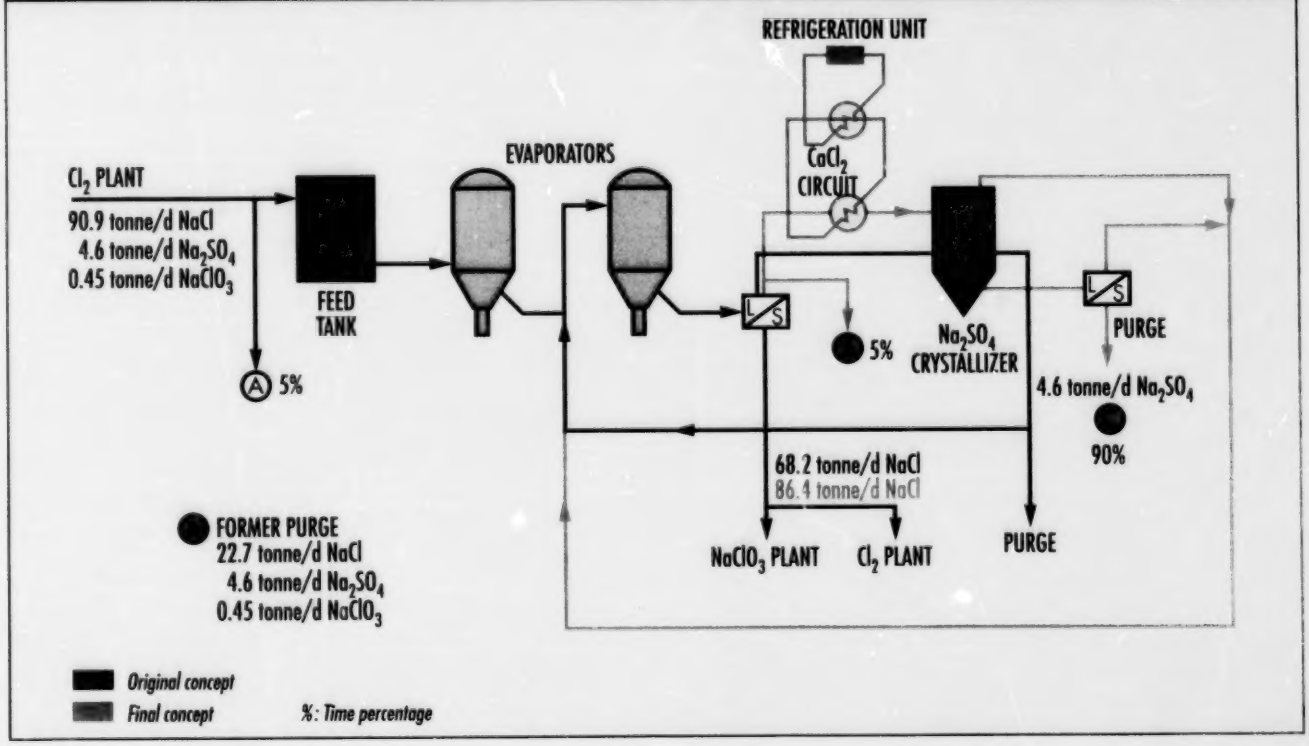
Stopping the evaporators involves, 5% of the time, a purge at point A in the schematic shown below. It also involves a purge at point B 5% of the time. The purge at point C corresponds to normal operation, and only requires a purge of Glauber's salt of 4.6 tonne/d. This Glauber's salt could be reused if a market for it develops.

The start-up and break-in period for the crystallization equipment was spread out over some 4 months. The main problems solved during this period concerned variations in the temperature of the crystallizer, and in its flow-input rates. These variations contribute to driving crystals of Glauber's salt into the circuit that leads back to the evaporators.

Cost of the Technology

For an initial capital investment of the order of $2.3 million, annual operating costs are around $100,000. However, the salt (NaCl) and sodium chlorate recovered by this technology represent annual savings of more than $440,000 in the purchase of raw materials.

SALT/CHLORATE RECOVERY SYSTEM



POTENTIAL AND LIMITATIONS

Potential

The Beauharnois industrial complex (a chlor-alkali plant associated with a chlorate plant) allows an optimal installation of the technology of crystallizing Glauber's salt from brine. In effect, the purge from the chlor-alkali plant can be used by the chlorate plant, thus eliminating the discharge to the sewers of the purge from the brine-evaporation system. From this flow important savings in raw materials, and the system is in accordance with the program of corrective measures agreed upon with the Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec (MEF).

It is possible to install this technology in any similar industrial complex (that where chlor-alkali and sodium chlorate plants are on the same site). Companies using ICI membrane cells – such as AKZO Nobel in Sweden, Elkem in Norway, Mondi Kraft in South Africa, and Finnish Chemicals OY in Finland, to name a few – could benefit from this technology.

Limitations

The initial investment required to install the cristallization technology could easily double if a plant does not have evaporators. But the brine could also be concentrated by membrane technology. Finally, the space occupied by the crystallization equipment could pose problems in certain cases.

INFORMATION

This data sheet is based on results obtained in a technology development and demonstration project jointly carried out by PPG Canada Inc., and CXY Chemicals, with the technical and financial collaboration of Environment Canada and the Federal Office of Regional Development (Quebec).

For more information, contact:

Environment Canada
Eco-Technology Innovation

Pierre Sylvestre, P. Eng., M.Sc.A.
Tel: (514) 496-6851
E-mail:
pierre.sylvestre@ec.gc.ca

PPG Canada Inc.

Denis Faucher, P. Eng.
Technical Director
Tel: (514) 429-4641

CXY Chemicals Inc.

Bruce Manzer, P. Eng.
Process Engineer
Tel: (514) 225-3260

POTENTIAL AND LIMITATIONS

INFORMATION

St. Lawrence TECHNOLOGIES

St. Lawrence Technologies data sheets are intended for all companies, industries, organizations and individuals interested in new environmental technologies. They are produced by the Eco-Technology Innovation Section, Environment Canada, as part of St. Lawrence Vision 2000. They serve to disseminate the results of technology development and demonstration projects conducted in the following five sectors: industrial wastewater; contaminated soil; hazardous wastes; contaminated sediment and innovative tool.

Data sheets may be obtained from:
Environment Canada
Eco-Technology Innovation Section
105 McGill Street, 4th Floor
Montreal, Quebec H2Y 2E7
Tel.: (514) 496-6851
1-800-463-4311

Publications are available on The Green Lane:
http://www.qc.doe.ca

Production:
Suzie Thibodeau

Writer:
Pierre Sylvestre

Layout:
Suzie Thibodeau

Editor:
Le marché de l'écriture

Printer:
J. B. Deschamps Inc.

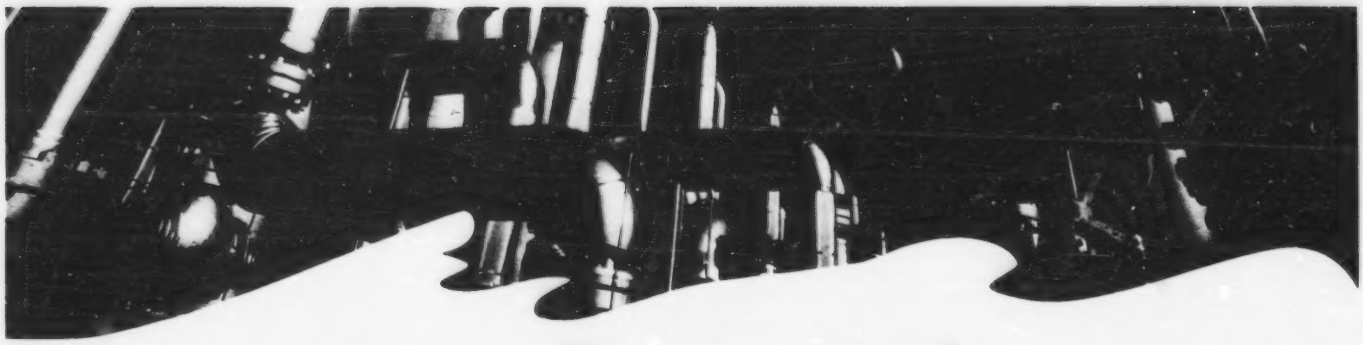
Published by authority of the Minister of the Environment
© Minister of Public Works and Government Services Canada, 1997
Cat. No.: En 1-17/33-1997E
ISSN: 1188-8903
ISBN: 0-662-26229-8

December 1997

Cette fiche est également disponible en français sous le titre :

Recyclage des chlorates provenant de la purge de saumure d'une usine de chlore-alcali

Canada



TECHNOLOGIES *Saint-Laurent*

RÉSUMÉ

La compagnie PPG Canada inc. opère sur son site de Beauharnois une usine de chlore-alcali avec la technologie des cellules à membranes. Pendant la production de chlore et de soude caustique, des réactions parasites entraînent la formation de chlorate de sodium et d'autres impuretés, qui se retrouvent dans la purge rejetée à l'égout. Un premier projet, terminé en mars 1994, avait permis d'évaluer la conception d'un procédé de destruction du chlorate ainsi qu'un plan des installations préliminaires.

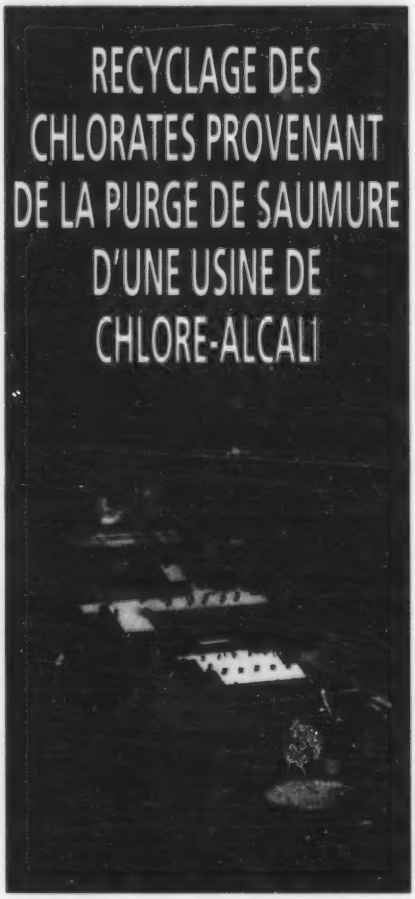
En raison des coûts excessifs du procédé de destruction (environ 1 M $), PPG a décidé de réévaluer l'ensemble de son programme correcteur. La technologie choisie permet une récupération presque complète du sel dans la purge, réduisant son volume de plus de 90 %. Cette option a permis de réaliser des améliorations importantes sur le plan de l'environnement en récupérant plus de 95 % du sel et plus de 98 % du chlorate. La technologie présentée ici implique une cristallisation du sel de Glauber qui permet une économie de matières premières de l'ordre de 440 000 $ par année.

Saint-Laurent Vision 2000

Environnement Canada Protection Région du Québec

Environment Canada Protection Québec Region

EAUX USÉES INDUSTRIELLES



PPG

CXY PRODUITS CHIMIQUES CXY BEAUHARNOIS

POINTS SAILLANTS

- **Technologie**
  - Procédé de cristallisation du sel de Glauber
  - Permet le recyclage de la boucle de saumure de l'usine de PPG Canada vers l'usine de fabrication de chlorate de sodium
  - Permet la fermeture du circuit de saumure de l'usine de fabrication de chlore-alcali
- **Environnement**
  - Supprime l'évacuation de la purge de saumure de l'usine de chlore-alcali à l'environnement
  - Application aux usines de chlore-alcali utilisant le même procédé à travers le monde
  - Recyclage des éléments de la purge comme matières premières pour la fabrication de chlorate de sodium
- **Économie**
  - Investissements totalisant 2,3 M $
  - Économie de matières premières de l'ordre de 440 000 $ par année

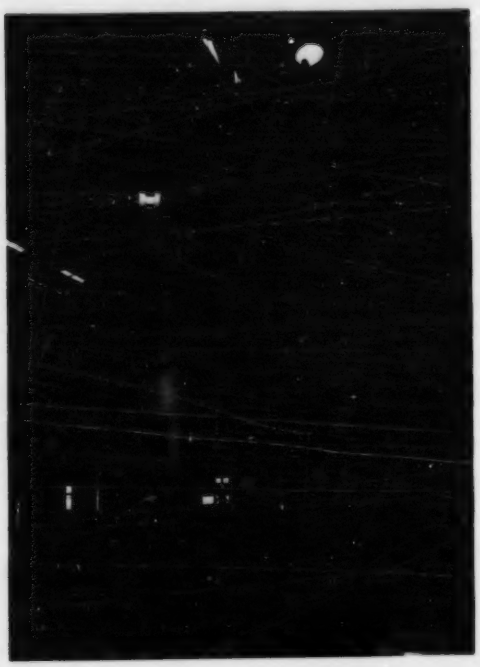
Bureau fédéral de Développement régional (Québec)

Federal Office of Regional Development (Québec)

PROBLÉMATIQUE

PPG Canada inc. opère sur son site de Beauharnois une usine de chlore-alcali à cellules à membranes et approvisionne en saumure une usine de fabrication de chlorate de sodium, propriété de Produits chimiques CXY depuis janvier 1996.

Les deux usines fonctionnent sur le principe d'électrolyse d'une saumure de NaCl. Cette saumure est produite, à priori, pour l'usine de chlore-alcali où du sel brut est ajouté au retour du circuit de saumure afin d'en augmenter la concentration. Cette saumure est traitée chimiquement et, débarrassée de la majorité de ses impuretés, alimente les électrolyseurs à une concentration d'environ 300 g/L et d'où elle ressort concentrée à 200 g/L.



Une partie de cette saumure affaiblie (3900 kg/h), mais très pure, est envoyée à l'usine de fabrication de chlorate de sodium pour ses besoins en sel. Cette saumure déjà traitée évite à l'usine de chlorate d'opérer un système de traitement coûteux. Cette saumure faible est concentrée par un système d'évaporation à double effet. Par la suite, afin de la débarrasser du sulfate de sodium encore présent, il fallait rejeter à l'égout un volume de saumure correspondant à plus de 22,7 t.m./j de sel.

PPG Canada inc. a signé un programme correcteur avec le ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec (MEF) pour traiter ses rejets. Le programme prévoit la récupération du NaCl et du chlorate de sodium. Le procédé retenu suite à l'étude technico-économique permet de réduire la quantité de sel rejeté dans l'environnement en retournant la purge jusqu'ici évacuée à l'égout vers un système de cristallisation du sel de Glauber, ce qui évite une décharge de chlorate dans l'environnement au cours des opérations normales.

TECHNOLOGIE

Le principe du procédé de cristallisation du sel de Glauber ($Na_2SO_4.10\ H_2O$) consiste à récupérer la saumure qui était auparavant purgée à l'égout et à la refroidir à des températures suffisamment basses pour faire précipiter le sulfate de sodium sous forme de sel de Glauber. La solubilité du sel de Glauber dans l'eau est nettement inférieure à celle du chlorure de sodium (NaCl). En effet, elle chute à moins de 1 % à 0 °C, comparativement à environ 22 % pour le NaCl.

Ce procédé de cristallisation a été développé par la compagnie Whiting Equipment Inc. et est maintenant intégré au système existant d'évaporation de la saumure à l'usine de fabrication de chlorate de sodium.

La solution chaude (66 °C) provenant du réservoir de filtrat des évaporateurs doit être refroidie le plus possible avant son passage dans le cristallisoir. Cette solution est refroidie à environ 12 °C dans un échangeur thermique à plaques avec la solution en provenance du réservoir de filtrat salé qui est retournée vers le procédé d'évaporation. La solution refroidie est ensuite dirigée vers le cristallisoir et est maintenue à 0 °C en la faisant circuler dans un échangeur thermique tubulaire à passe unique. Environ 860 000 kJ/h sont retirés du cristallisoir pour précipiter 436 kg/h de sel de Glauber.

RÉSULTATS

Le cristallisoir fonctionne à approximativement 25-35 % p/p de solides. La séparation solide-liquide se fait à l'aide d'une centrifugeuse. Les solides sont dirigés vers un réservoir de purge via une chute et le liquide est recueilli dans le réservoir de filtrat salé. Une conduite est aussi prévue au sommet du cristallisoir pour diriger le liquide exempt de matières solides directement vers le réservoir de filtrat salé. Cette solution froide doit être réchauffée le plus possible avant d'être retournée au circuit d'évaporation. Elle contient, en plus du chlorate de sodium, environ 13 g/L de sulfate de sodium (sel de Glauber), une impureté qui doit être éliminée de la saumure utilisée à l'usine de chlorate. Pour le moment, aucun débouché commercial n'a pu être trouvé pour ce sulfate de sodium et il est retourné à l'égout.

Performances

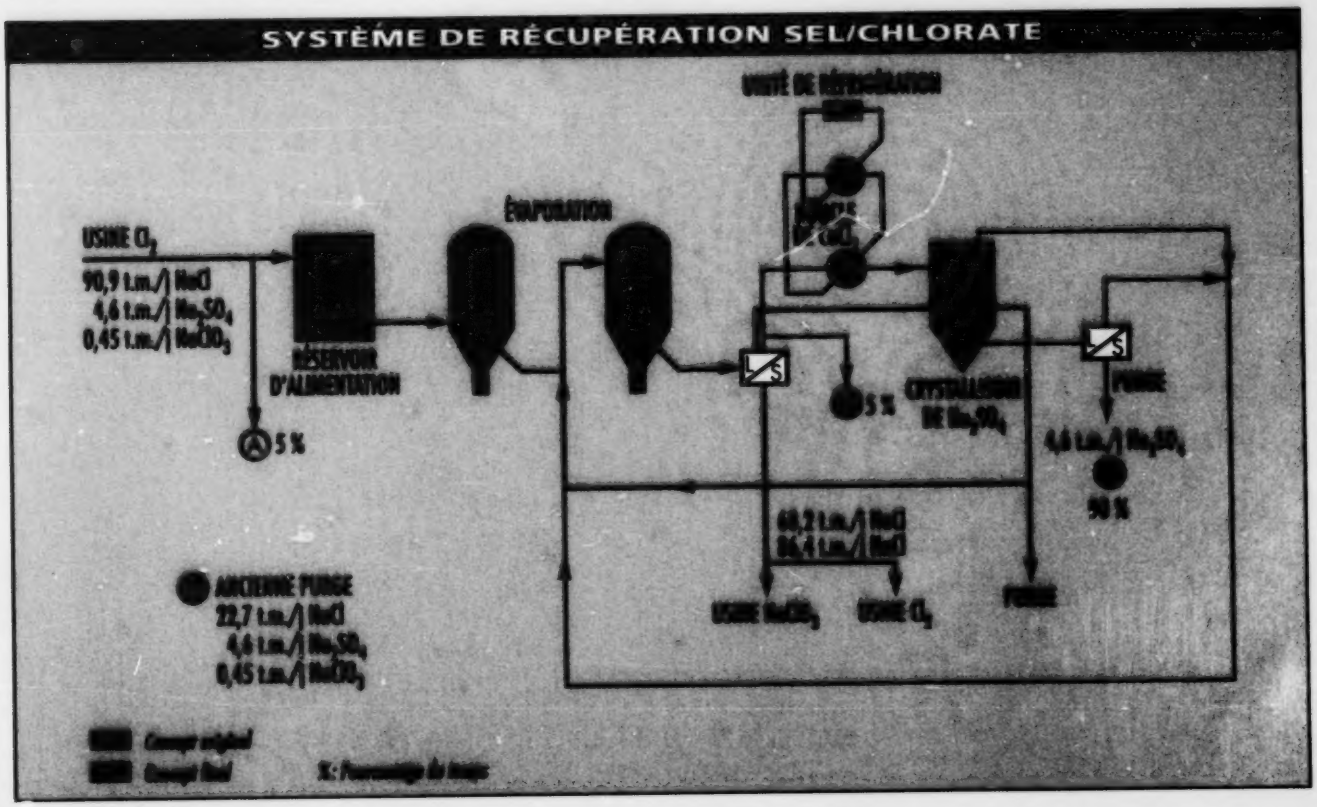
En opération normale, le système de cristallisation permet de récupérer 22,7 t.m./j de sel, soit 1040 kg/h de NaCl, 436 kg/h de sel de Glauber et 20 kg/h de chlorate ($NaClO_3$). L'opération continue des équipements d'évaporation et de cristallisation nécessite périodiquement des arrêts pour le nettoyage interne ainsi que des arrêts pour l'entretien normal du système.

L'arrêt des évaporateurs implique une purge de 5 % du temps au point A identifié sur le schéma. L'arrêt du cristallisoir implique une purge au point B de 5 % du temps. Enfin la purge au point C correspond à l'opération normale et nécessite seulement une purge de sel de Glauber de 4,6 t.m./j. Ce sel de Glauber pourrait être réutilisé si un marché pour ce produit se développe.

La période de démarrage et de rodage des équipements de cristallisation s'est échelonnée sur environ 4 mois. Les principaux problèmes réglés durant cette période concernaient les variations de température du cristallisoir et les débits d'alimentation de celui-ci. Ces variations causent en partie l'entraînement de cristaux de sel de Glauber dans la boucle de recirculation vers les évaporateurs.

Coût de la technologie

Pour un investissement en capital de l'ordre de 2,3 M $, les coûts d'opération se situent aux alentours de 100 000 $ annuellement. Cependant, le sel (NaCl) et le chlorate de sodium récupérés par cette technologie représentent une économie supérieure à 440 000 $/an au chapitre des matières premières.



OBJECTIFS DU PROJET

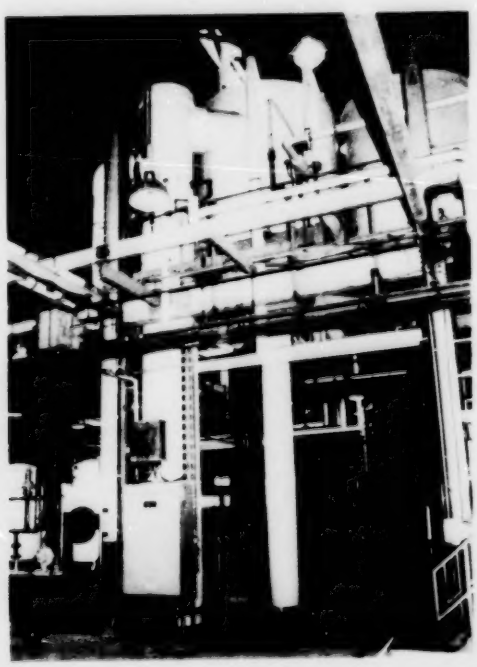
L'objectif initial du projet était d'éliminer le chlorate de la purge de saumure de l'usine. Par contre, une étude technico-économique réalisée au début du projet a permis de démontrer qu'a cause des coûts d'installation et d'opération élevés, la récupération de cette purge de saumure devenait une avenue beaucoup plus intéressante. En effet, celle-ci permettait de réutiliser le sel et le chlorate, d'où une économie de matières premières pour l'usine. Le nouveau projet s'articulait maintenant autour de deux phases principales :

1. Conception d'un système de récupération de sel pour une réduction optimale du volume de la purge de saumure rejeté à l'égout.

2. Optimisation du système de récupération du sel et des chlorates présents dans la purge.

PROBLÉMATIQUE

TECHNOLOGIE



RÉSULTATS

Le cristallisoir fonctionne à approximativement 25-35 % p/p de solides. La séparation solide-liquide se fait à l'aide d'une centrifugeuse. Les solides sont dirigés vers un réservoir de purge via une chute et le liquide est recueilli dans le réservoir de filtrat salé. Une conduite est aussi prévue au sommet du cristallisoir pour diriger le liquide exempt de matières solides directement vers le réservoir de filtrat salé. Cette solution froide doit être réchauffée le plus possible avant d'être retournée au circuit d'évaporation. Elle contient, en plus du chlorate de sodium, environ 13 g/L de sulfate de sodium (sel de Glauber), une impureté qui doit être éliminée de la saumure utilisée à l'usine de chlorate. Pour le moment, aucun débouché commercial n'a pu être trouvé pour ce sulfate de sodium et il est retourné à l'égout.

Performances

En opération normale, le système de cristallisation permet de récupérer 22,7 t.m./j de sel, soit 1040 kg/h de NaCl, 436 kg/h de sel de Glauber et 20 kg/h de chlorate ($NaClO_3$). L'opération continue des équipements d'évaporation et de cristallisation nécessite périodiquement des arrêts pour le nettoyage interne ainsi que des arrêts pour l'entretien normal du système.

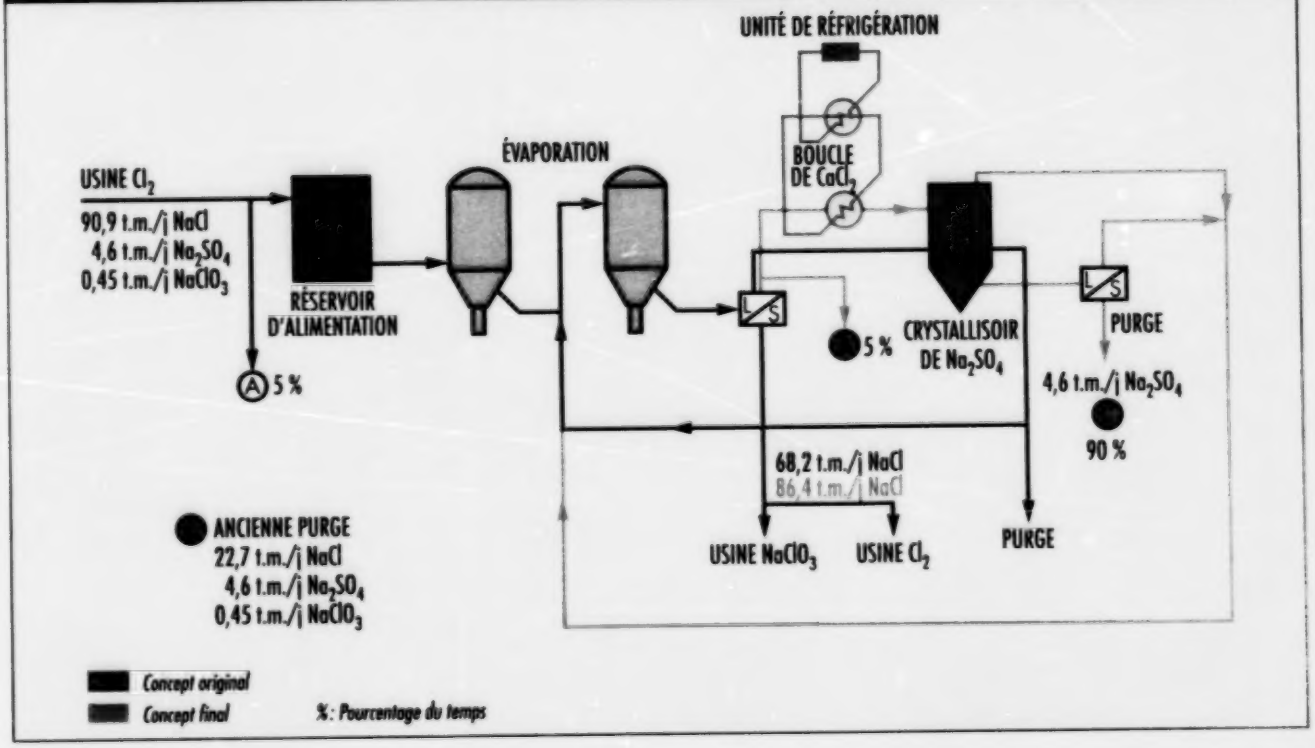
L'arrêt des évaporateurs implique une purge de 5 % du temps au point A identifié sur le schéma. L'arrêt du cristallisoir implique une purge au point B de 5 % du temps. Enfin la purge au point C correspond à l'opération normale et nécessite seulement une purge de sel de Glauber de 4,6 t.m./j. Ce sel de Glauber pourrait être réutilisé si un marché pour ce produit se développe.

La période de démarrage et de rodage des équipements de cristallisation s'est échelonnée sur environ 4 mois. Les principaux problèmes réglés durant cette période concernaient les variations de température du cristallisoir et les débits d'alimentation de celui-ci. Ces variations causent en partie l'entraînement de cristaux de sel de Glauber dans la boucle de recirculation vers les évaporateurs.

Coût de la technologie

Pour un investissement en capital de l'ordre de 2,3 M $, les coûts d'opération se situent aux alentours de 100 000 $ annuellement. Cependant, le sel (NaCl) et le chlorate de sodium récupérés par cette technologie représentent une économie supérieure à 440 000 $/an au chapitre des matières premières.

SYSTÈME DE RÉCUPÉRATION SEL/CHLORATE



POTENTIEL ET LIMITES

Potentiel

Le complexe industriel de Beauharnois (usine de chlore-alcali jumelée à une usine de chlorate) permet une implantation optimale de la technologie de cristallisation du sel de Glauber de la saumure. En effet, la purge de l'usine de chlore-alcali peut être utilisée par l'usine de fabrication de chlorate, éliminant par le fait même le rejet à l'égout de la purge du système d'évaporation de la saumure. Il en découle une économie importante de matières premières et le système respecte le programme correcteur signé avec le ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec (MEF).

L'implantation de cette technologie est possible dans tout complexe industriel de ce genre (fabriques de chlore et de chlorate de sodium sur le même site). Des compagnies utilisant les cellules à membranes ICI comme AKZO Nobel en Suède, Elkem en Norvège, Mondi Kraft en Afrique du Sud et Finnish Chemicals OY en Finlande, pour n'en nommer que quelques-unes, pourraient bénéficier de cette technologie.

Limites

Pour une usine qui ne possède pas d'évaporateurs, l'investissement en capital peut facilement doubler si celle-ci s'oriente vers la technologie de cristallisation. Par contre, celle-ci peut utiliser une technologie membranaire pour réaliser la concentration de la saumure. Enfin, on doit mentionner que l'espace occupé par les équipements de cristallisation peut s'avérer problématique dans certains cas.

INFORMATIONS

Cette fiche a été rédigée à partir des résultats obtenus lors d'un projet de développement et de démonstration technologique réalisé conjointement par PPG Canada inc. et Produits chimiques CXY avec la collaboration technique et financière d'Environnement Canada et du Bureau fédéral de développement régional (Québec).

Pour plus d'informations, s'adresser à :

Environnement Canada
Éco-Innovation
technologique

Pierre Sylvestre, ing., M.Sc.A.
Tél.: (514) 496-6851
Courrier électronique :
pierre.sylvestre@ec.gc.ca

PPG Canada inc.

Denis Faucher, ing.
Directeur technique
Tél.: (514) 429-4641

Produits chimiques CXY

Bruce Manzer, ing.
Ingénieur de procédé
Tél.: (514) 225-3260

POTENTIEL ET LIMITES

INFORMATIONS

TECHNOLOGIES Saint-Laurent

Les fiches d'information Technologies Saint-Laurent sont destinées aux entreprises, industries, organismes et personnes qui s'intéressent aux nouvelles technologies environnementales. Elles sont produites par la Section Éco-Innovation technologique, Environnement Canada, dans le cadre de Saint-Laurent Vision 2000. Elles servent à diffuser les résultats obtenus lors des projets de développement et de démonstration technologiques réalisés dans les cinq secteurs suivants : eaux usées industrielles, sols contaminés, déchets dangereux, sédiments contaminés et outil novateur.

Vous pouvez obtenir les fiches en vous adressant à :
Section Éco-Innovation technologique

Environnement Canada
105 McGill, 4e étage
Montréal (Québec) H2Y 2E7
Tél. : (514) 496-6851
1-800-463-4311

Publications disponibles sur La Voie Verte:
http://www.qc.doe.ca

Production :
Suzie Thibodeau

Rédaction :
Pierre Sylvestre

Mise en page :
Suzie Thibodeau

Révision du texte :
Monique Simond

Impression :
J. B. Deschamps Inc.

Publié avec l'autorisation du ministre de l'Environnement
© Ministre des Travaux publics et Services gouvernementaux Canada, 1997
No. de cat. : En 1-17/33-1997F
ISSN : 1188-7990
ISBN : 0-662-82451-2

Décembre 1997

Also available in English under the title :

Recycling chlorates from the brine-purge of a chlor-alkali plant

Canada